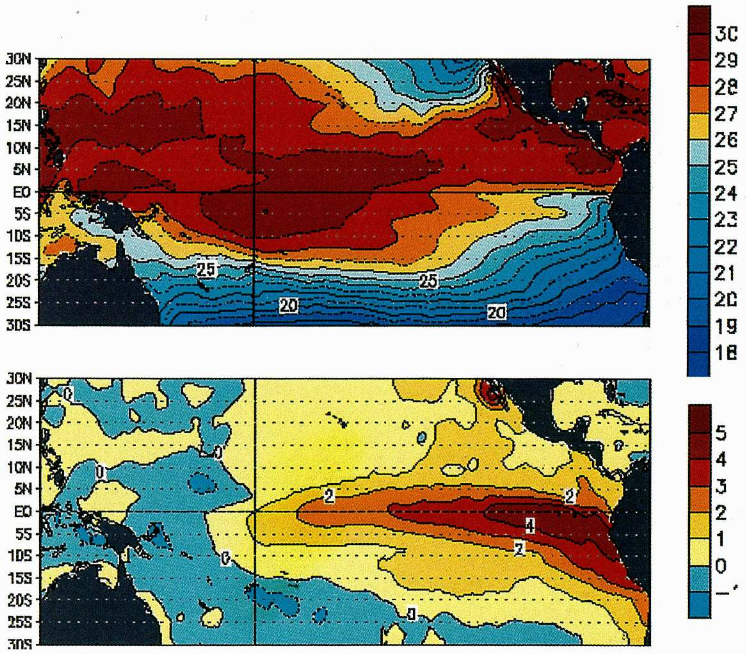
由聖嬰現象

談氣候變遷對農業生產之影響

◎農試所農工系　姚銘輝

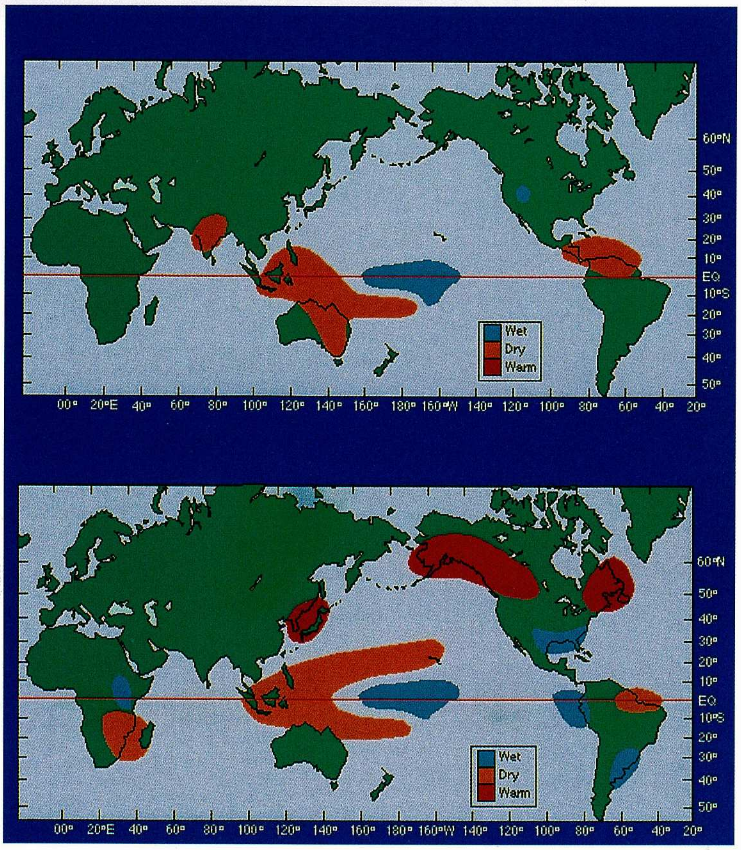
南美洲大陸的祕魯海域，在海平面通常由深層會湧昇營養豐富的冷水，使這裡成為世界上著名的漁場，但數年會有一次，由赤道方向來的熱流，將這片海域變暖，而影響漁獲量，由於此種現象大多發生在聖誕節前後，因此當地漁民稱此為『聖嬰』，西班牙文El nino，英文翻譯為Christ child，意為耶穌之子。



圖一　今年（1997年）九月份祕魯海面溫度情形。上圖為平均溫度，下圖 為和常年比較增加的溫度（單位為°C)。

在『聖嬰』現象出現期間，東太平洋海面氣壓降低，而西太平洋氣壓卻增高，氣壓差使熱帶東風帶減弱，甚至於轉為西風帶，於是東太平洋海流不再西行，在受太陽輻射加熱的影響，使熱帶太平洋海溫呈現東高西低的變化，一般東太平洋海面大約增溫1~4℃左右(圖一)。

『聖嬰』現象的特徵是太平洋兩側海溫溫差的逆向改變，而直接影響氣候變化的則是氣壓呈波浪狀的振盪。當海面溫度呈東高西低時，氣壓變化為西高東低；反之，若海面溫度為東低西高，氣壓則呈西低東高的改變。一般氣壓的變化，通常以位於南太洋東側大溪地（Tahiti）及西側達爾文（Darwin）島，兩地的氣壓差值為指標，稱為南方振盪指數（Southern Oscillation Index；SOI)。SOI值小於0為El Nino，若大於0為La Nino。由於El Nino約2~7年出現一次，並在當年造成異常氣候改



圖二 聖嬰現象對全球氣候影響情形。上圖為夏季，下圖為冬季。

變，所以一般將聖嬰和南方振盪此一相隨而生之大氣、海洋變化現象合稱為ENSO。雖然ENSO是區域性海洋溫差變化的現象，但因地球環流的影響，使這現象擴大至全球氣候的改變(圖二)。今年(1997)就屬聖嬰年，在祕魯海岸區有較強對流與降雨，在印尼地區則對流較微弱且降雨減少，這可以說明印尼因乾旱引發森林大火所並造成霾害（haze）的原因。

聖嬰現象是在1891年一位利瑪的地理學者Luis Carranza所發現並加以命名。但事實上，有聖嬰現象的記錄早在西元1525年西班牙航海者就對此現象有記錄，而聖嬰所引起全球氣候的改變，在1877年至1899年印度的大乾旱期間即有學者認為和季風有關，但依當時的知識尚無法和氣候變遷作一關連。1950年代美國學者Jacob Bjerknes觀察海洋和陸地的變化，認為異常氣候不能以區域性氣候變化作解釋，他發現海平面溫度和降水量的波動受到大尺度赤道貿易風的影響，並將此波動（即南方振盪）與聖嬰現象作一連結，這也是ENSO的由來。二十世紀對聖嬰現象的研究可分為三個階段：在1960年代以前，大多屬於科學家的個人研究；1960年至1980年，則由政府機構出資，進行區域整合型計劃；由1982年起，聖嬰的研究已成為全球性的研究計劃，研究的角度已由對現象的〝作用〞，進展至〝預測〞。『聖嬰』現象每2~7年發生一次，約四年有一個循環，其生命週期經歷發展（每年3~5月間）、成熟（12月至隔年2月）至衰退（隔年5~6月間），前後可達一年半至二年之久。在過去二十年來，較顯著的『聖嬰』現象共發生四次，其中以1982年~1983年海溫變化最大，並導致最嚴重的災害。據估計西

太平洋之南亞國家和澳州，在該期間由於乾旱及衍生而出的火災，共造成三十五億美元左右的損失，另一方面，東太平洋區之美國，受損於水患之財物也有二十五億之鉅，由此可見，『聖嬰』現象所能造成之災害不容忽視。

ENSO所引起乾旱和淹水也影響世界農業生產，增加對糧食短缺估計的不確定性。舉例來說，聖嬰現象使祕魯漁獲量減少，漁產品為該國經濟主要來源，並且是世界主要漁產輸出國，漁產品大幅減少下，大豆便成為魚類蛋白質的替代品，在對大豆需求增加下，玉米及小麥田則改種大豆，如此造成世界性的糧食短缺。1972~1973聖嬰年間，蘇聯乾旱造成穀物生產的降低，美國穀物大量銷往蘇聯，而造成其他地區糧食短缺，這種因聖嬰現象造成氣候變遷，再影響農業生產的情況，使糧食政策訂定者不得不思考氣候變遷對糧食生產的影響。

以下就個案分析聖嬰現象對農業生產影響及因應對策的探討

1982~1983年是世界各國對聖嬰現象所造成災害開始注重的關鍵年，國際間開始建立跨國性計劃，由氣候觀察的結果來訂定因應對策。並由巴西和祕魯兩國受害實際情形，探討氣候變遷對開發中國家社會及經濟上的影響，因為該兩國在1986~1987年及1991~1992年二次聖嬰年有成功的對應策略，堪為其他國家提供擬訂農業政策的參考。

祕魯—1986~1987年ENSO的因應模式

祕魯是南美第一個國家使用預測系統所提供訊息在國家施政計劃上。1982~1983年該國因聖嬰現象所造成在農業、工業、運輸業和其他經濟方面的損失大約20億美金，迫使政府建立和科學家合作共同製定政策的模式，每項對農業經濟影響的政策都在國家計劃下進行，包括灌溉區域的水資源分配，肥料價格，申請貸款利率和農產品價格等，並從1984年起成立ENSO特殊委員會，結合政府政策訂定者、產業代表及氣候專家，由預期降雨量共同決定來年農業生產策略。一般將氣候分成：常年狀況、略為濕暖狀況、聖嬰現象、或寒冷狀況，由這些情況下決定政策訂定及生產的策略，當政策形成後，政府機構經由媒體將訊息提供社會大眾，致使1986~1987聖嬰年當地稻米和棉花的產量較前一年來得高，很顯然此種措施使農民受益。

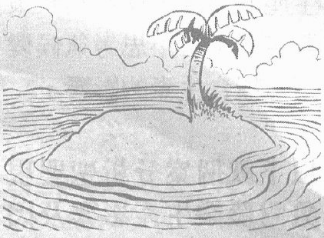
巴西的對策

在1982年聖嬰年中巴西受嚴重影響，佔巴西北部88% 面積的一塊154萬平方公里區域，受乾旱影響農業生產由佔全國總生產量18.2% 降至7.6% 。這塊區域大約有一千四百萬人口，其中大多為農民，由於損失嚴重，造成該國貧富差距加大，雖然該國對災民進行補助，但由於歉收結果，糧食價格提高3倍，使國家債務增加，影響層面包括民生物質供應及私人企業。此外，在北部這塊區域內，除少部份種植糧食作物如豆類、玉米外，大部份土地由財團用來種植經濟作物如甘蔗，水源的控制亦由財團

把持，這種栽培形式更加劇災害的嚴重性及複雜性。

1991年當地政府在獲知ENSO引起乾旱的預測後，除積極深入內地傳達ENSO訊息，提供農民種植時間及種植種子數，勸導農民種植生育周期短的穀類品種，雖然產量較低但抗乾旱，並透過區域性銀行提供農民低利貸款，同時水資源的保存也相當重要，政府斥資一千三佰萬美元興建水壩，並從1991年11月起開始管制該區灌溉水消耗量，使貯存水量足以維持至1993年4月。最後這些努力有了成果，1992年7月當地降水量祇有常年的23% ，但農業生產仍有530,000噸，接近於平均產量650,000噸，相對於1987年聖嬰年，在沒有計劃性策略的規劃，當年降水量為常年30% ，但農業生產卻祗有100,000噸。

本省位於大陸及海洋之間，氣象災害以冬季寒害、六月梅雨及七至九月颱風為主，由於災害發生頻度及強度變化幅度極大，常造成農業生產計劃及政策制訂上的不確定性，而每年用於補貼農民損失的金額也相當龐大。以上所述巴西和祕魯對抗聖嬰年的成功例子，足以作為我國對農業氣象災害之對策研擬參考。

(一)氣候變遷和災害發生預警系統的建立：近年來由於衛星資料及透過電腦程式的模擬，大尺度氣候變化的預測準確率逐年增高（如全球性溫度昇高），而對於區域性或偶發性的異常天氣則仍偏低（如豪雨），因此加強氣候預測的能力及農作物生產的預估，則顯得極為迫切。以往農作物生產的預估是用以往產量及氣象資料加以統計，利用迴歸理論進行外插處理，此種預測的前提是氣候改變速率不變的情形下，但實際氣候變遷並非等速的。我們以溫室氣體CO2濃度為例，工業革命前(280ppm)至1957年(315ppm)一百五十年提高35ppm，但1957年至1994年(358ppm)，37年間則增加43ppm。CO2濃度提高對大氣溫度、降水量的影響及對農作物所謂〝肥料〞效應，諸如此類對農作物正、負影響，皆需納入預測模式內，對未來農業生產政策的擬定才能有一合理的估算值。

(二)因應氣候變遷農業耕作制度調整策略：由巴西的成功經驗中說明「事前預防」是可行並且有效的。以本省氣候狀況而言，六月中旬至七月中旬是豪雨發生頻率極高的時間，這段時間是一期水稻收割及蔬果成熟時期，因此如由氣象預測模式得知當年豪雨發生機率高時，防範措施可種植水稻早熟品種提早收割或晚熟品種避開倒伏的危險。夏季蔬菜生產在這段時間則建議農民種植耐淹蔬菜品種或根莖類蔬菜，並由試驗研究機構進行品種選育及栽培管理改進，以期能平抑夏季菜價的飆漲現象。當然整個耕作制度改變及防範策略需全面性研擬，並依據豪雨影響程度分成不同等級，再依等級訂定策略。